



# Moniosaisen kaiuttimen muotoiluprosessi

Erik Lindahl

2017

# Moniosaisen kaiuttimen muotoiluprosessi

Erik Lindahl  
2017

## **Moniosaisen kaiuttimen muotoiluprosessi**

Erik Lindahl

Taiteen kandidaatin opinnäytetyö

Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Muotoilun koulutusohjelma

2017

sivumäärä 33

kieli: suomi

## **Tiivistelmä**

Tässä opinnäytteessä tarkastellaan muotoilullisten lähtökohtien vaikutuksia kaiutinsuunnitteluun. Vallitseville kaiutintratkaisuille on etsitty vaihtoehtoja muotoilun keinoin. Opinnäyte toteutettiin käytännön prosessina, jonka tuloksena syntyi kaiutinprototyyppi.

Projektissa tutkittiin moniosaisuuden vaikutuksia kaiuttimen visualisuuteen sekä käytettävyyteen. Sen avulla pystyttiin tuomaan uudenlaisia vaihtoehtoja kaiuttimien sisutukselliseen rooliin sekä äänelliseen työnjakoon.

Myös materiaaleista sekä valmistustekniikoista hankittu tietotaito ja kokemukset ovat luoneet pohjaa tulevaisuuden kehitystyölle. Kaiutinsuunnittelua voidaan jatkossa tehdä entistä innovatiivisemmin.

Avainsanat: Kaiutin, kaiutinsuunnittelu, moniosainen, keramiikka

## Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Lähtökohdat	5
3	Kaiuttimista yleisesti	6
3.1	Mikä kaiutin on?	6
3.2	Äänialat	6
3.3	Kaiuttimen toiminta	6
3.4	Kaiuttimen suunnittelusta yleisesti	7
3.5	Kotelon rooli	8
3.6	Äänen ulostulon esteettömyys	8
3.7	Ulkonäön merkitys	8
4	Oma filosofia	9
5	Prosessin kulku	10
5.1	Suuret linjaukset	10
5.2	Materiaalivalinnat	10
5.3	Aikataulutus	11
5.4	Ideointi	12
5.5	Prototypointi	14
5.6	Tekstuuri	16

5.7	Tarkemmin muodosta	16
5.8	Elementin vaikutus visuaaliseen ilmeeseen	16
5.9	Keraamisten koteloiden valmistus	18
5.10	Mallinnus tietokoneella	18
5.11	Ideoiden muuttaminen konkretiaksi	18
5.12	Muottien valmistus	20
5.13	Valu	22
5.14	Poltto	24
6	Mallin lopputulos ja analysointi	26
7	Dokumentointi	28
8	Asiantuntijoiden konsultointi	28
9	Johtopäätökset	31



## 1 Johdanto

Tämä on kuvaus kehittämäni kaiutinkonseptin muotoiluprosessista. Ideani oli luoda moniosainen kaiutinkokonaisuus, jolla pyrin löytämään uusia muotoilullisia ulottuvuuksia kaiutinmaailmaan. Prosessissa halusin haastaa vallitsevia ratkaisuja muotoilun keinoin. Myös materiaalivalinnoilla sekä valmistusteknisillä ratkaisuilla etsin toimivia vaihtoehtoja perinteisille menetelmille.

## 2 Lähtökohdat

Muotoilupainotteinen ajatusmaailma ohjasi prosessia voimakkaasti tuoden lennokkaan näkökulman kaiutinsuunnitteluun. Ideoidessani konseptiani, lähdin liikkeelle ajatuksesta, jossa kaiutin koostuu useasta erillisestä jäsenestä, jotka yhdessä muodostavat koko ääniskaalan kattavan yhtyeen. Innostuin tästä ideasta, koska mielestäni se antoi kaiuttimille persoonan. Kuten kuorolaulussa, äänialat on jaettu eri henkilöille ja jokaisella on oma tehtävänsä. Näin halusin olevan myös kaiuttimissani. Lisäksi innostuin siitä, miten moniosaista järjestelmää voisi sijoittelun ja värimaailman avulla muuntaa tilaan sopivaksi.

Halusin pitää suunnitteluprosessin kokeilevana ja ennakkoluulottomana. Tavoitteeni oli luoda pitkälle viety kaiutinkonsepti, joka vähintään toimisi ponnahduslautana jatkokehittelylle. Aikataulun sekä resurssien johdosta suurin panos laitettiin muotoiluun, jonka ehdoilla projekti vietiin läpi.

### 3 Kaiuttimista yleisesti

Aloitin suunnittelutyön tutustumalla kaiutinsuunnitteluun liittyviin peruskysymyksiin. Ajattelin, että olisi tärkeää heti alkuvaiheessa kerrata kaiuttimen toimintaperiaatteet, sekä selvittää mistä tekijöistä hyvä kaiutin muodostuu.

#### 3.1 Mikä kaiutin on?

Kaiutin on laite, joka muuntaa saapuvan äänisignaalin ilmanpaineen vaihteluksi eli ääneksi. Kaiutin koostuu useasta komponentista, joista tärkein on äänielementti. Yksinkertaisesti ilmaistuna äänisignaali muuntuu vahvistimessa äänielementille sopivaksi. Vahvistettu signaali saa puolestaan äänielementin kalvot värähtelemään.

#### 3.2 Äänialat

Kaiuttimissa käytetään erilaisia äänielementtejä eri äänialoille. Pienikokoisilla diskanttielementeillä voidaan toistaa korkeimpia ääniä ja elementin kokoluokkaa kasvattamalla äänialaa voidaan laajentaa aina matalimpiin ääniin asti. Jakosuodin jakaa eri taajuusalueet kullekin äänielementille. Taajuusalueet jaetaan sen mukaan, minkälaisia ja kuinka montaa äänielementtiä käytetään. Kodin tapaisissa tiloissa matalimmille äänille ei aina ole tarvetta, jolloin kaiuttimessa riittää korkeimpien äänien diskantti sekä keskiäänielementti. Nämä elementit ovat useimmiten osana samaa koteloa, vaikka kaiuttimen sisällä niillä on usein omat lokeronsa. Matalimpien äänten toistoon tarkoitettu subwoofer on perinteisesti omassa kotelossaan, jotta vältetään tilanteet joissa matalat ääniaallot häiritsevät muiden elementtien toimintaa. Elementtien työnjakoon on olemassa erilaisia variaatioita, mutta yksinkertaistaminen auttoi pääsemään suunnittelutyössä eteenpäin.

#### 3.3 Kaiuttimen toiminta

Toimiakseen kaiuttimet tarvitsevat äänisignaalin sekä virtaa. Kaiuttimet voidaan jakaa aktiivisiin tai passiivisiin, riippuen niiden sisältämästä elektroniikasta. Aktiivikaiutin sisältää oman vahvistimensa kun taas passiivikaiuttimissa vahvistin sijaitsee erillisessä kotelossa. Tämä vaikuttaa siihen, miten ja millaisilla kytkennöillä kaiuttimet voidaan sijoitella. Aktiivikaiutin voi vastaanottaa äänisignaalin johtoa pitkin tai langattomasti, koska se pystyy vahvistimensa ansiosta vahvistamaan äänisignaalin itsenäisesti. Mikäli aktiivikaiutin sisältää akun, voidaan siitä siis tehdä täysin langaton. Kotikäytössä tämä

ratkaisu on kuitenkin haasteellinen, koska tällaista kaiutinta täytyy ladata aika ajoin. Aktiivikaiuttimissa käytetty välimuoto on tuoda virta johdolla, mutta ohjata ääni langattomasti. Tällöin jokaiseen kaiuttimeen tarvitaan vain yksi virtajohto, eikä kaiuttimia tarvitse kytkeä toisiinsa.

Passiivikaiuttimien vahvistimet on koottu erilliseen koteloon, josta äänisignaali ohjataan johdoilla kaiuttimille. Koska äänisignaali vahvistetaan erillisessä kotelossa, passiivikaiuttimet tarvitsevat vähemmän virtaa kuin oman vahvistimensa sisältävät aktiivikaiuttimet. Tarvittava virta sekä vahvistettu äänisignaali kulkevat ohuessa johdossa kaiuttimelle.

Koska äänielementit ovat samanlaisia sekä aktiivi että passiivikaiuttimissa, ei valinnalla ollut tässä vaiheessa merkitystä muotoilun näkökulmasta. Merkittävintä oli tiedostaa, että kuhunkin kaiuttimeen tullaan asentamaan lopulta yksi johto.

#### 3.4 Kaiuttimen suunnittelusta yleisesti

Kaiuttimien muotoilulla voidaan vaikuttaa sekä akustisiin ominaisuuksiin, käytettävyyteen että ulkonäköön. Kaiutinmaailmaan tutustuessa huomion arvoista oli kaiutinten laaja muotoilullinen kirjo. Suurta kuvaa tarkastellessa kaiuttimiin ei ole rakentunut yhtenäistä, hyväksi todettua muotokieltä. Monien kaiuttimien muotoilu selittyy tuotantoteknisillä oivalluksilla tai visuaalisilla intresseillä. Toinen ääripää on akustisiin innovaatioihin nojaava lähestymistapa, jossa muotoilu pohjautuu pitkälti akustiikkaan liittyviin mittauksiin. Kaiutinsuunnittelu on kokeellista tiedettä, jonka aineisto on monimuotoista ja osittain kokemuksiin perustuvaa. Siksi on oltava tarkkana siitä, mitkä tiedot kelpaavat muotoilua ohjaaviksi tekijöiksi, jotta vältytään vain mielipiteisiin perustuvilta harhakuvilta, jotka saattavat ohjata suunnittelutyötä voimakkaasti. Omat hyvät kuuntelukokemukset erilaisista kaiuttimista loivat uskoa siihen, että akustisesti hyviä ratkaisuja on monia. Uskoin, että hyvillä äänielementeillä, sopivilla materiaalivalinnoilla, riittävillä tilavuuksilla ja kohtuullisen helpoilla geometrioilla onnistun luomaan toimivan kokonaisuuden.

### 3.5 Kotelon rooli

Vaikka käytettäisiin samoja äänielementtejä, voidaan äänen ulostulo toteuttaa usealla eri tavalla. Omakohtaisen kokemuksen sekä haastattelujen perusteella päädyin tekemään niin sanotut suljetun kotelon kaiuttimet. Suljetussa kotelossa oleva ilma toimii jousena ja kontrolloi elementin liikettä, minkä vuoksi kotelon tulee olla täysin ilmatiivis. Suljetun kotelon eduiksi arvioin sen toimintavarmuuden sekä muotoilulliset vapaudet. Yleisesti ottaen koteloiden suositellaan olevan ”ei minkään muotoisia”, jolla pyritään muun muassa estämään seisovien ääniaaltojen eli diffraktion syntyminen kotelon sisälle. Tämän toteuttamiseksi kaiuttimen suositellaan olevan epäsymmetrinen, jonka lisäksi teräviä kulmia tulisi välttää.

### 3.6 Äänen ulostulon esteettömyys

Äänen kulkuun vaikuttavat myös materiaalit, joiden läpi sen on kuljettava kaiuttimessa. Elementti voi olla paljas mutta visuaalisista syistä elementin eteen laitetaan usein äänen läpäiseviä materiaaleja. Perinteisiä ratkaisuja ovat erilaiset kankaat ja metalliverkot, jotka sekä suojaavat että antavat mahdollisuuksia visuaaliseen ilmeeseen. Tällä osalla alueella turvauduin alustavasti jo hyväksi todettuihin vaihtoehtoihin, enkä nähnyt syytä eksoottisemmille ratkaisuille.

### 3.7 Ulkonäön merkitys

Tilassa näkyvien esineiden vaikutus tilaan on väistämätön, eikä kaiutin tee tässä asiassa poikkeusta. Siksi visuaalisuuden huomioiminen on mielestäni merkittävä osa kaiutinsuunnittelua, aina kun se on käyttöympäristössään nähtävillä. Halusin kiinnittää huomiota siihen, millaisen roolin kaiuttimet ottavat sisustuksessa. Päätin kiinnittää erityishuomiota siihen, etten suunnitteluvaiheessa irrottaisi kaiuttimia tulevasta käyttöympäristöstään.

## 4 Oma filosofia

Kaiutin on muotoilukohteena klassikko, josta tehtyjä variaatioita on lukuisia. Niiden muotoilua tarkastellessani huomasin kuitenkin monia ratkaisuja yhdistävän kaiutinmaisuuuden. Abstraktin muotoilun, josta välittömästi huomaa, että kyseessä on kaiutin. Tämä sai minut kaipaamaan jotain uutta. Halusin muotoilun keinoin liittää kaiuttimiin muita mielikuvia.

Mietin miten saisin luotua kaiuttimista sympaattisempia, jolloin aloin enemmän ja enemmän huomata, ettei kyse ollutkaan kaiuttimesta yksilönä. Kahden tai useamman kaiuttimen muodostamassa kokonaisuudessa tuntui olevan etsimääni latausta.

Näiden ajatusten johdannaista mielessäni pyöri ajatus pyöreähköistä, kivimäisistä kaiuttimista, jotka rannan sijaan makoilivat olohuoneen nurkassa. Ideassa luotiin mielestäni sopivan epäsuoria mielikuvia jostain aiemmin koetusta. Tämä sopi myös hyvin hakemaani sisustukselliseen rooliin, jossa kaiuttimet eivät huuda olemassaoloon.

## 5 Prosessin kulku

Kirjoitin ylös niitä ominaisuuksia, jotka halusin kaiuttimen sisältävän. Tämän listauksen pohjalta lähdin selvittämään miten niitä voitaisiin toteuttaa. Selvitystyön tavoitteena oli luoda käsitys niistä muuttujista, joilla oli vaikutus muotoiluun. Pyrin ennakoimaan väistämättömiä asioita, jotka kaiuttimen tuli joka tapauksessa sisältää.

### 5.1 Suuret linjaukset

Käyttöominaisuuksiltaan suuntasin kaiuttimet kodin kaltaisiin tiloihin. Sijoittelun vapautta ja mahdollisuutta persoonallisille käyttötavoille pidin tärkeänä alusta asti. Tavoitteena oli luoda luonteeltaan neutraali kokonaisuus, joka tukee tilan muuta sisustusta.

Tulevaa käyttöympäristöä sekä sijoittelun vapautta ennakoiden päätin alustavasti liittää kaiuttimiin virtajohdot, mutta äänen halusin ohjata kaiuttimille langattomasti. Tämä mahdollisti sijoittelun siten, että kaiuttimien ei tarvitse olla kytketty toisiinsa. Tämä tarkoitti samalla sitä, että kaiuttimista tulisi oman vahvistimensa sisältäviä aktiivikaiuttimia. Vaikka valinnalla ei ollut varsinaista vaikutusta muotoiluun, ei tämäntyyppisten kysymysten pohtiminen ollut mielestäni turhaa. Oli arvokasta tiedostaa, että valintaan voitiin vaikuttaa myöhemmin.

### 5.2 Materiaalivalinnat

Materiaalivalinnoilla oli tässä vaiheessa suuri merkitys. Laadukas, rehellinen materiaalin käyttö oli jo puoli voittoa. Puntaroin vaihtoehtoja laajalti. Huomioiden vapaan muotokielen ja kivimäisen tekstuurin, riittävän jäykän sekä tiiviin materiaalin löytäminen ei ollut itsestään selvää. Materiaalin tuli olla täysin ilmatiivistä ja sen tuli kestää kaiuttimen aiheuttamat ilmanpaineen vaihtelut. Saumattomuus ja pinnan eheys kiinnostivat, mutta sulkiput samalla pois vaihtoehtoja. Tässä vaiheessa perinteiset materiaalit kuten puu ja metallit karsiutuivat pois vaihtoehtolistalta. Erilaisten lujitemuovien kohdalla oli potentiaalia, mutta uskoin löytäväni paremman vaihtoehdon. Kaiuttimissa vähemmän käytetty keramiikka oli sen sijaan ensivaikutelmaltaan lupaava. Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun keramiikkastudio tarjosi erinomaiset valmiudet keraamisen

prototyypin valmistamiseen ja sain kattavan perehdytyksen keramiikkaan liittyviin haasteisiin. Onnistuessaan keramiikka mahdollisti suljetun kotelon valmistamisen yhtenä kappaleena, sekä vapaiden muotojen tekemisen ilman kalliita muotteja ja suuria investointeja vaativia tuotantoprosesseja. Lisäksi erilaisilla pintakäsittelyillä pystyttiin varioimaan värejä, kiiltoasteita sekä tekstuuria.

Lupaavista ominaisuuksistaan huolimatta esimerkkejä keraamisista kaiuttimista ei ollut liiaksi. Tämä sai minut pohtimaan miksi kaiuttimien valtavaan valikoimaan ei mahtunut kuin muutama keraaminen kaiutin. Ehkä keramiikalla ei vielä toistaiseksi ole riittävä näytöä varteenotettavaksi kaiutin materiaaliksi. Toisaalta valmistukselliset haasteet huomioon ottaen en ollut yllättynyt siitä, ettei keramiikan käyttö ollut yleistynyt kaiuttimissa. Tiedostaen tulevat haasteet, näin keramiikassa kokeilemisen arvoista potentiaalia.

### 5.3 Aikataulutus

Ideointi vaiheessa suunnittelutyö riistäytyy helposti käsistä, etenkin jos selkeitä deadlineja ei aseteta. Tällöin tuntui, että vaihtoehtojen pyörittely oli loputonta. Jotta projekti saatiin etenemään tehokkaasti, koin tarpeelliseksi asettaa itselleni selkeitä välietappeja. Tätä työtä vaikeutti kuitenkin se, että osaa työvaiheista oli haastava ennakoida tai niiden vaatima aika riippui useammasta muuttujasta. Monivaiheisesta prosessista johtuen optimistisia aikataululaskelmia oli vältettävä, jotta projekti saatiin vietyä loppuun. Kun karkea arvio aikataulusta saatiin aikaiseksi, huomasin ensin pitkältä tuntuneen aikataulun muuttuneet hyvinkin tiukaksi suunnitelmaksi, jossa ei ollut juurikaan aikaa hukattavaksi. Koin tiukan aikataulun kuitenkin pääosin helpottavaksi tekijäksi, joka tehosti päätösten tekoa. Toteutusvaiheen lähestyessä huomasin olevani huomattavasti tehokkaampi ja puntaroin vaihtoehtoja vakavammin kuin ideointivaiheen alussa.



## 5.4 Ideointi

Vaikka idea oli piirtynyt mieleeni melko tarkasti, ajattelin että on parasta viedä ajatuksia eteenpäin tehden useita luonnoksia ja visioita. Oli parempi käydä läpi erilaisia ajatuksia, jotta pystyisin luomaan kattavan käsityksen vaihtoehtoista, jotka voisivat tulla kyseeseen. Annoin lennokkaimmillekin ideoille mahdollisuuden, vaikka välillä tuntui että olin todella kaukana alkuperäisistä ajatuksista. Tässä vaiheessa erittäin toimivaksi tavaksi osoittautui luonnostelu pienten savimallien avulla, joita kertyi runsaasti. Vaihtoehtojen ympäröimänä otin aika ajoin askeleen taaksepäin ja palautin mieleeni konseptin ydinasiat. Pystyin näin karsimaan niihin sopimattomat vaihtoehdot pois. Vaihtoehtoja puntaroidessani koin hyväksi tavaksi antaa asioiden kypsyä ennen päätöksentekoa. Pienen tauon jälkeen oli helpompi yrittää tarkastella omia ideoita ulkopuolisin silmin. Työn touhussa yrittää helposti liikaa ja huomaa myöhemmin ratkaisujen olleen niin lähellä, että ovat jääneet huomaamatta.

Pohdin myös kaiuttimien lukumäärää sekä työnjakoa äänialojen suhteen. Moniosaiseen konseptiin tämä tarkoitti joko kahta tai useampaa kaiutinta, sen mukaan kuinka matalia ääniä haluttiin toistaa. Oli selvää että kokonaisuuteen tulisi ainakin yksi diskantti ja yksi keskiäänielementti, mutta subwooferin kohdalla käytiin pohdintaa sen tarpeellisuudesta. Tuleva käyttöympäristö ja käyttäjä huomioiden päädyin ratkaisuun, jossa kaksi erillistä kaiutinta muodostavat kokonaisuuden. Pienemmästä kaiuttimesta tulisi diskantti ja suuremmasta keskiäänikaiutin.





## 5.5 Prototypointi

Halusin tehdä nopeita prototyyppejä ennen viimeisteltyjen mallien tekemistä. Pyrin pitämään prototyypit yksinkertaisina, jottei muutosten tekemiseen syntyisi kynnystä. Toisaalta liian karkeissa prototyypeissä hyvätkään ideat eivät välttämättä pääse oikeuksiinsa, joten oli arvioitava, miten paljon työtä niiden tekemiseen kannattaa laittaa. On taito osata tasapainoillassa suhteen, koska olla tarkka ja koska suurpiirteinen. Nopeiden luonnosten sekä pikamallien avulla pyrin hahmottamaan lopullista kokoluokkaa, muotoa ja tekstuuria. Koska kaiuttimia tulisi kaksi, oli tärkeää suunnitella niitä yhdessä. Huomasin että keskittymisen siirtyessä vain toiseen kaiuttimeen, yritin värittää muotokieltä liikaa ja löytää sitä kautta siihen mielenkiintoa. Yhdessä kaiuttimista syntyi yksinkertaisempia yksilöitä ja yhdessä mielenkiintoinen kokonaisuus.



## 5.6 Tekstuuri

Rosoinen ja epätäydellinen pinta oli hieman alkuperäisistä mielikuvistani poikkeava, mutta kokeilun arvoinen idea, jota tutkin savi ja kipsimallien avulla. Pinnan pienet virheet loivat mielenkiintoisen tunnelman, joka jäljitteli luonnonkiveä. Kokeiluja tarkastellessani koin näin suoran jäljitelmän kuitenkin haasteelliseksi ja lopulta mielikuvituksettomaksi. Tuntui, että epätäydellinen pinta näytti liian epäsiistiltä ja viimeistelemättömältä, jonka vuoksi päätin palata alkuperäiseen sileään tekstuuriin ja muotokieleen. Vaikka kokeilujen jälkeen huomasin palaavani lähemmäs ensimmäisiä luonnoksiani, en kuitenkaan kokenut että olisin tehnyt kokeiluja turhaan. Niiden myötä aloin paremmin ymmärtää mitä muotoilulta halusin ja tunsin pääseväni lähemmäksi haluttua tulosta. Muotoilultaan liian samanlaiset versiot näyttivät lähinnä skaalatuilta kopioilta, joka ei ollut sitä mitä haettiin.

## 5.7 Tarkemmin muodosta

Muodossa tärkeää oli kahden kappaleen välinen suhde sekä kokoluokan että muotoilun osalta. Tekemällä yhden suhde yhteen kokoisia luonnoksia, pystyin kokeilemaan lopullisia suhteita todellisessa koossa. Koin tärkeäksi maltillisen epäsymmetrisyyden molemmissa kappaleissa. Se toi muotoon rentoutta ja sopivaa epätäydellisyyttä. Haasteena oli toteuttaa epäsymmetrisyys siten, että muoto ei näytä vahingolta. Riittävän suuri kontrasti kahden kappaleen välillä tuntui toimivan hyvin. Muotoilultaan liian samanlaiset versiot näyttivät lähinnä skaalatuilta kopioilta, joka ei ollut sitä mitä haettiin.

## 5.8 Elementin vaikutus visuaaliseen ilmeeseen

Vaikka koteloon kiinnitettävä äänielementti voidaan verhoilla kankaalla tai muulla äänen läpäisevällä materiaalilla, tiesin sen jäävän näkyviin. Näin ollen oli huomioitava sen visuaaliset vaikutukset. Huomasin että elementin koko suhteessa koteloon oli saatava järkeväksi. Jos elementti oli liian suuri suhteessa koteloon, otti se liian suuren roolin kokonaisuudesta, jolloin keraaminen kuori ei päässyt oikeuksiinsa. Vaikuttavuuden kannalta koteloiden koko oli erittäin tärkeää saada riittävän suureksi. Liian pienet kotelot hävittäisivät materiaalin tunnun ja hukkuisivat suurempiin käyttöympäristöihin. Toisaalta vaarana oli myös tehdä kotelosta liian suuret, jolloin sijoittelu esimerkiksi hyllylle ei olisi mahdollista toteuttaa järkevästi.





## 5.9 Keraamisten koteloiden valmistus

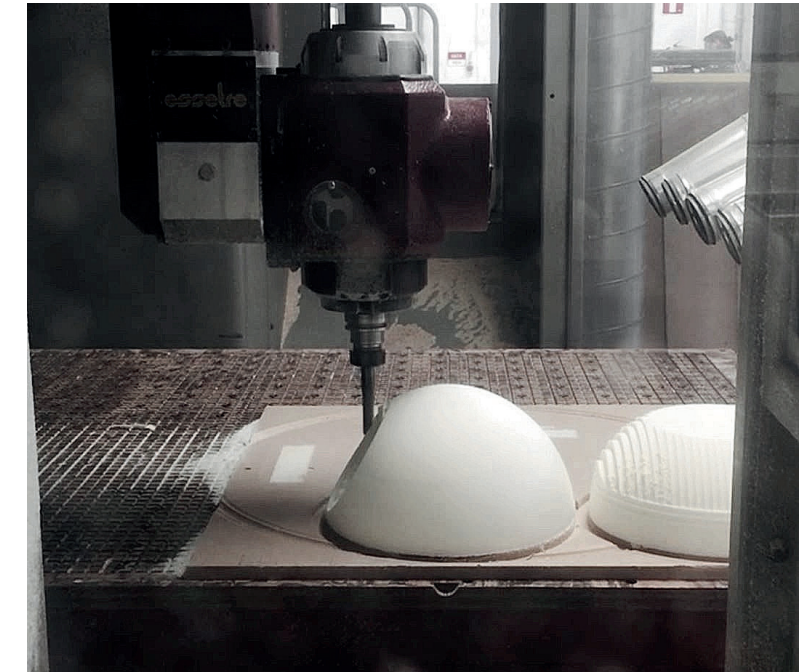
Keraamisen kotelon valmistus tapahtuu valamalla kipsimuottiin valusavea, joka alkaa kuivumaan muottipintaa vasten. Kuivumisaikaa säätämällä voidaan varioida kotelon seinämän paksuutta. Kun seinämä on riittävän paksu, ylimääräinen valusavi kaadetaan pois muotista. Kappaleen annetaan tämän jälkeen kuivua rauhassa, jonka jälkeen muotista poistettu kappale poltetaan. Keraamisen kuoren muotoilussa oli tärkeää ottaa huomioon sen mahdolliset muodonmuutokset polttovaiheessa. Kappaleen runsas kutistuminen on ennakoitava erityisen hyvin. Haasteellista ennakoinnista tekee muodoista johtuva epätasainen kutistuminen erilaisilla pinnoilla. Pyöreäkö muoto kutistuu lähtökohtaisesti tasaisemmin kuin esimerkiksi neliö, jossa on suoria pintoja sekä kulmia. Lisäksi liian horisontaalit muodot etenkin kantavilla seinillä saattavat valahtaa uunissa. Elementin kiinnitys kuoreen oli huomioitava erityisen hyvin. Haasteena oli saada elementtien kiinnityskohdasta riittävän tarkka, jotta äänielementti saadaan kiinnitettyä. Tästä syystä kiinnityskohtiin päätettiin tehdä pyöreät syvennykset jäykistämään kyseistä aluetta, sekä pitämään sen muodossaan.

## 5.10 Mallinnus tietokoneella

Valumuotin valmistus on aikaa vievä prosessi, joka kannatti valmistella huolella. Laajan suunnitteluvaiheen jälkeen olin jo lähellä valmista mallia. Lopullinen versio mallinnettiin tietokoneella, jonka perusteella CNC-jyrsin valmisti foam hahmomallit muotintekoa varten. Näin mahdolliset muutokset kokoon tai muotoon oli mahdollista tehdä tulevaisuudessa hallitusti. Lisäksi varmistettiin elementtien sopivuus keraamiseen koteloon skaalaamalla tietokonemalli kutistuman verran suuremmaksi.

## 5.11 Ideoiden muuttaminen konkretiaksi

Mitä konkreettisemmaksi kaiuttimet muuttuivat, sitä enemmän ne innostivat jatkamaan. Jälleen kerrantäytyi todeta, se miten suuri merkitys fyysisellä kappaleella on visualisointeihin verrattuna. CNC-jyrsimellä tehdyt mallit olivat vaikuttavia, vaikka kyseessä olikin vain hahmomallit. Tässä vaiheessa oli hyvä tarkistaa, että mallit oli skaalattu oikein ja että muodot olivat halutunlaisia. Tämän jälkeen mallit hiottiin ja viimeisteltiin, jonka jälkeen ne olivat valmiita muottien valmistusta varten.





## 5.12 Muottien valmistus

Valumuottina toimi kipsistä valettu negatiivi muotti. Negatiivi muotissa lopullisen kappaleen ulkopinta muodostuu muottipintaa vasten. Muotti kaadetaan täyteen nestemäistä valusavea, jonka jälkeen savi alkaa jähmettyä kipsipintaa vasten. Kuivuva savi alkaa siis näin rakentaa seinämää, jonka paksuutta voidaan säätää kuivumisaikaa vaihtelemalla. Kun seinämä on saavuttanut halutun paksuuden, ylimääräinen savi valutetaan pois muotista. Muottien valmistuksessa oli siis huomioitava valuprosessin vaatimukset ja käytävä läpi miten tuleva valu suoritettaisiin. Jakosaumat sekä valuvaukot sijoitettiin tämän suunnittelun perusteella. Muoteissa oli kriittistä huomioitava miten ylimääräinen valusavi saadaan poistettua muotista kääntämättä sitä. Jos muottia käännetään, sen seinämille muodostuu helposti valumia, jotka voivat aiheuttaa seinämään epätoivottuja epätasaisuuksia. Tästä syystä äänielementille varattu aukko valikoitui valuvaukoksi, jonka lisäksi kotelon vastakkaiselle puolelle tehtiin toinen aukko tyhjennystä varten. Tyhjennysaukko saatiin sijoitettua siten, että koteloon syntyvä reikä toimi myös tulevan virtajohdon ulostulona. Kolmiosainen muotti valettiin osa kerrallaan, käyttäen kutakin valettua osaa pohjana seuraavalle. Näin muotin osat saatiin sopimaan yhteen. Osat oli kuitenkin valettava tietyssä järjestyksessä, jotta kipsi ei laajentuessaan halkaissut jo valettuja osia.

Muottien suuri koko aiheutti haasteita. Käsiteltävyyden vuoksi suurimpien muotin osien kipsi jouduttiin valun yhteydessä jakamaan pienempiin eriin. Tämä oli ongelmallista kipsin tasaisen kovettumisen kannalta. Eriaikainen kemiallinen reaktio kipsierien välillä aiheuttaisi epätasaisuutta kipsin rakenteessa, jonka vuoksi kipsierät oli sekoitettava sekä valettava ripeästi. Haasteellisesta toteutuksesta huolimatta eriin jaetusta kipsistä ei aiheutunut ongelmia ja muotit saatiin valettua hyvin. Huolimatta nopeasta kovettumisajastaan, kipsimuotti tarvitsi runsaasti aikaa kuivuakseen. Etenkin suurikokoisissa muoteissa kipsiin varautunut nestemäärä oli huomattava, jonka vuoksi muotit oli valettava useita päiviä ennen niiden käyttöä.





### 5.13 Valu

Ensimmäisten valujen aikana kokeiltiin muottien toimivuutta ja haettiin kotelolle sopivaa seinämäpaksuutta. Valusavi oli tärkeä kaataa katkeamattomana norona muottiin, jotta koteloiden pintaan ei syntynyt kerroksellisuutta. Suuren tilavuutensa vuoksi muotti sinetöitiin huolellisesti kuormaliinoilla, jottei muotin sisään kaadettusavi aukaissut muottia. Sopivaksi todettu kuivumisaika oli lopulta noin puoli tuntia, jolloin seinämäpaksuus oli kasvanut noin kymmeneen millimetriin. Tämän jälkeen ylimääräinen valusavi valutettiin muotista ja voitiin käyttää uudelleen seuraavassa valussa. Koteloiden oli hyvä antaa kuivua rauhassa muotin sisällä pitääkseen muotonsa. Jokaisen valun kohdalla opittiin edellisestä ja viimeiset versiot olivat erittäin onnistuneita. Hyvin tehdyn muotin ansiosta kotelon siistiminen oli valun jäljiltä helppoa. Valetun kappaleen pinta oli kauttaaltaan erittäin siisti, eikä juurikaan vaatinut toimenpiteitä. Muotin saumojen aiheuttamat rannut oli helppo siklata kappaleen pinnalta. Tässä vaiheessa koteloihin työstettiin myös elementinaukko sekä reiät kiinnityspulteille. Kutistuman verran suuremmaksi skaalattujen sapluunoiden avulla reikien koko sekä etäisyydet saatiin kohdilleen. Pitämällä saven kosteana, rei'istä saatiin siistit eikä savi päässyt halkeamaan.





#### 5.14 Poltto

Koteloiden poltto tapahtui kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä poltossa eli raakapoltossa kappaleesta poistuu viimeiset nesteet ja se kovettuu. Tämän jälkeen kappale lasitetaan ja siirretään lasituspoltoon. Raakapoltettua kappaletta voidaan viimeistellä hiomalla ennen lasitusta, jolloin pinnasta saadaan erittäin tasainen. Prototyypit lasitettiin sekä kiiltävällä, että mattapintaisella lasitteella, jotta nähtiin miten eri kiiltoasteet toimivat kotelon pinnalla. Täysin kiiltämättömän mattapinnan saavuttamiseksi voidaan kotelot polttaa myös ilman lasitusta. Tasavärinen savimassa voidaan viimeistellä hiomalla se polton päätteeksi. Mikäli kotelot halutaan värjätä, voidaan valusaveen lisätä pigmenttiä ennen valamista. Jotta savimassan muut ominaisuudet eivät kärsisi, pigmenttiä voidaan lisätä saveen kuitenkin rajallisesti. Tämän vuoksi värisävyt ovat pastellimaisia. Kirkkaampia värjäyksiä voidaan toteuttaa käyttämällä värjättyjä lasitteita. Lasituspoltoissa lämpötila nostetaan korkeammalle kuin raakapoltossa, jolloin kappale saavuttaa lopullisen kovuutensa sekä muotonsa.



## 6 Mallin lopputulos ja analysointi

Viimeiseen polttoon kulmineitui koko projektin tulos ja nähtiin vihdoinkin miten työssä oli onnistuttu. Uunista poistetut kotelot näyttivät ensitarkastelun perusteella erittäin lupaavilta. Kotelot mitattiin tässä vaiheessa ja laskettiin kutistumat. Mittoja otettiin monesta eri suunnasta ja niitä verrattiin alkuperäisiin malleihin. Näin saatiin laskettua missä suhteessa kotelo oli kutistunut ja pysynyt muodossaan. Elementin kiinnityskohdat olivat pysyneet pyöreinä ja olivat kutistuneet hyvin lähelle toivottua mittaluokkaa. Kotelointa verrattiin myös toisiinsa ja pystyttiin arvioimaan niiden tasalaatuisuutta. Useamman kappaleen sarja antoi uskoa siihen, että samalla tavalla tehdyt kotelot pysyvät hyvin mitoissaan. Epätoivottuja muodonmuutoksia ei ollut ilmestynyt yhteenkään koteloon. Lopullinen koko nähtiin nyt ensikertaa ja vaikutti siltä että se täytti suunnittelun alussa määritetyt vaatimukset. Molemmat kaiuttimet olivat helposti käsiteltäviä mutta riittävän suuria säilyttääkseen vakuuttavuuden. Viimeistelin kaiuttimet asentamalla aukkojen päälle kangasverhoillut kiekot simuloimaan visuaalista ilmettä. Muotoilulliset komponentit oli näin saatu koottua yhteen. Muotoilullisesti kahden kaiuttimen kokonaisuus oli mielestäni erittäin onnistunut. Epäsymmetriset muodot ja riittävä kontrasti kappaleiden välillä loi tunnelman, jota olin hakenut.

Pintakäsittelykokeilut osoittautuivat erittäin havainnollistaviksi. Ero kiiltävän ja mattalasitteen välillä oli yllättävän suuri. Mattalasite tuntui suunnittelijan näkökulmasta toteuttavan paremmin alkuperäistä ideaa ja antavan enemmän arvoa keraamiselle kotelolle. Molemmat versiot toimivat kuitenkin hyvin ja tulevat olemaan varteenotettavia vaihtoehtoja jatkossa. Tehtyjen kokeilujen lisäksi näin tarpeelliseksi kokeilla erilaisia pintakäsittelyjä myös jatkossa. Värivariaatioiden mahdollistamat kombinaatiot tarjoaisivat käyttäjälle mahdollisuuden koota omaan sisustukseen sopivan kokonaisuuden.



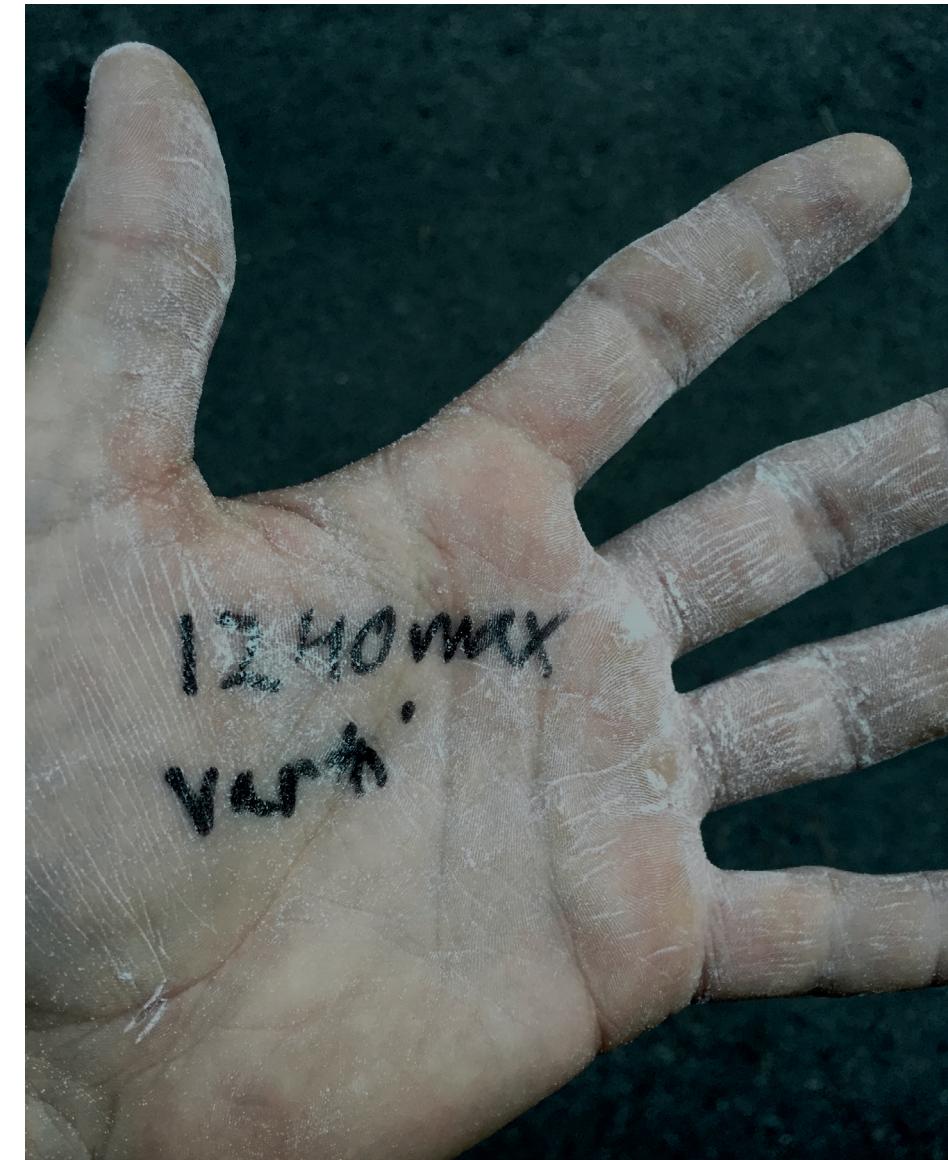


## 7 Dokumentointi

Projektin eteneminen helpottui dokumentoimalla projektin vaiheita. Luonnostelun avulla löytyneet havainnot oli hyvä kirjoittaa muistiin. Lisäksi pikamallien avulla hyväksi todetut mittasuhteet oli tärkeää muistaa mitata ja kirjata ylös. Valuvaiheessa savimassaan sekoitettujen ainesten, kuivumisaikojen, polttolämpötilojen sekä polttoaikojen kirjaaminen oli kriittistä jatkoon kannalta. Ainoastaan huolellisen dokumentoinnin avulla voitiin tehdä kehittäviä muutoksia sekä pystyttiin toistamaan onnistuneet kokeilut.

## 8 Asiantuntijoiden konsultointi

Eri alojen osaajien konsultointi oli avainasemassa tässäkin projektissa. Hyödyntämällä muiden ammattitaitoa pystyi nopeasti perehdyttämään itsensä uusiin materiaaleihin ja valmistustekniikoihin. Kysyin neuvoa ja mielipiteitä rohkeasti läpi projektin. Ulkopuolelta saatu palaute liittyi kuitenkin osittain mielipiteisiin, joten oli tärkeää osata suodattaa ne itse ja pohtia mitkä asiat sopivat omaan ajattelumaailmaan. Konsultoinnissa ei mielestäni ole kyse päätöksenteon ulkoistamisesta, vaan pyrkimyksestä ymmärtää uudet sisällöt itse. Tämä mahdollistaa itsenäisen työskentelyn, jossa hankittua tietotaitoa sovelletaan ja luodaan sitä kautta jotain uutta. On tärkeä taito osata ja uskaltaa pitää kiinni omista periaatteista ja tehdä omilla ehdoilla.





## 9 Johtopäätökset

Viimeistellyn keraamisen kaiutin prototyypin valmistus oli työläs prosessi, mutta etenkin jälkeenpäin tarkasteltuna ainut tapa kohdata haasteet sekä tuntee onnistuneensa. Kuten tavoitteena oli, konsepti onnistuttiin viemään pitkälle haastaen olemassa olevia ratkaisuja muotoilun keinoin. Oppia kertyi etenkin toteutusvaiheesta valtavasti. Koen projektin jälkeen entistä tärkeämmäksi viedä konsepteja riittävän pitkälle.

Vaikka kyseessä on vasta prototyyppi, löydettiin prosessin myötä vastauksia moniin keraamisen kotelon valmistukseen liittyviin kysymyksiin. Tämän pohjalta tulevaisuuden versiot ovat huomattavasti helpompi valmistaa. Aikaan saatu prototyyppi on toteutetun muotoiluprosessin myötä valmis tekniikan asennusta varten, jonka jälkeen sen äänenlaadullisia ominaisuuksia tullaan tutkimaan ja kehittämään. Projektissa tehdyt tekniikkaan sekä akustiikkaan liittyvät ratkaisut eivät sulje pois vaihtoehtoja tulevaisuuden suhteen. Prosessissa asetetut raamit ovat antaneet hyvän pohjan jatkokehittelylle. Konseptissa on myös erinomaiset edellytykset laajentaa kaiutINVALIKOIMAA erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Projektin myötä avautuneet mahdollisuudet motivoivat jatkamaan. Hankittu tietotaito sekä aikaan saatu prototyyppi saivat pohtimaan seuraavia askeleita. Koska kyseessä oli monella tavalla uusi kokeilu, on aiheeseen liittyvä ymmärrys kasvanut lähtötilanteesta valtavasti. Kukin työvaihe opetti ja avasi uusia näkökulmia, joka kannusti siirtymään työvaiheissa eteenpäin. Luonnehtisin toteutettua muotoiluprosessia kierroksena, jonka aikana kerättiin mahdollisimman paljon tietoa ja kokemusta aiheesta. Tarvittaessa kierros voidaan uusia käyttäen opittuja asioita sen pohjana. Näkisin useamman kierroksen hyötynä sen tehokkuuden ja kerätyn tiedon määrän. Uskon että oikein toteutettuna, kaksi tehokasta kierrosta voi myös aikataulullisessa vertailussa pärjätä yhdelle tarkkaan harkitulle suunnittelukierrokselle.



Keraamisen kaiutinkotelon muotoiluun on jatkossa mahdollista kehittää rutiininomainen protokolla, jonka avulla erilaisten muotojen varioiminen on mahdollista kohtuullisella työmäärällä. Prosessissa hyödynnetty CNC-jyrsintä ja muu tietokoneohjattu konekanta mahdollistavat aikaa vievimpien vaiheiden ulkoistamisen. Kipsimuottien valmistusta voitaisiin näin tehostaa merkittävästi. Prosessin helpottumisen myötä myös muutosten tekemiseen syntyvä kynnys pienenesi näin huomattavasti. Käytettävien materiaalien edullisuus huomioon ottaen, toistojen kautta tehty kehitystyö olisi jopa suotavaa. Prototyyppivaiheen kulmakivet, aika ja raha, olisi näin mahdollista hyödyntää järkevästi.

Prosessin aikana pyrin tekemään suunnittelutyöhön liittyviä huomioita oppiakseni samalla itsestäni sekä kehittyäkseni suunnittelutyössä. Käytettävissä olevan ajan sekä resurssien puitteissa pyrin muotoiluprosessissa huomioimaan kaiutinsuunnitteluun liittyvät eri osa-alueet. Olennaista oli kuitenkin viedä muotoiluprosessi läpi omista lähtökohdistani. Halusin nähdä miten muotoilupainotteinen näkökulmani vaikutti prosessin lopputulokseen.



